Temperatura do Solo

Aula 10

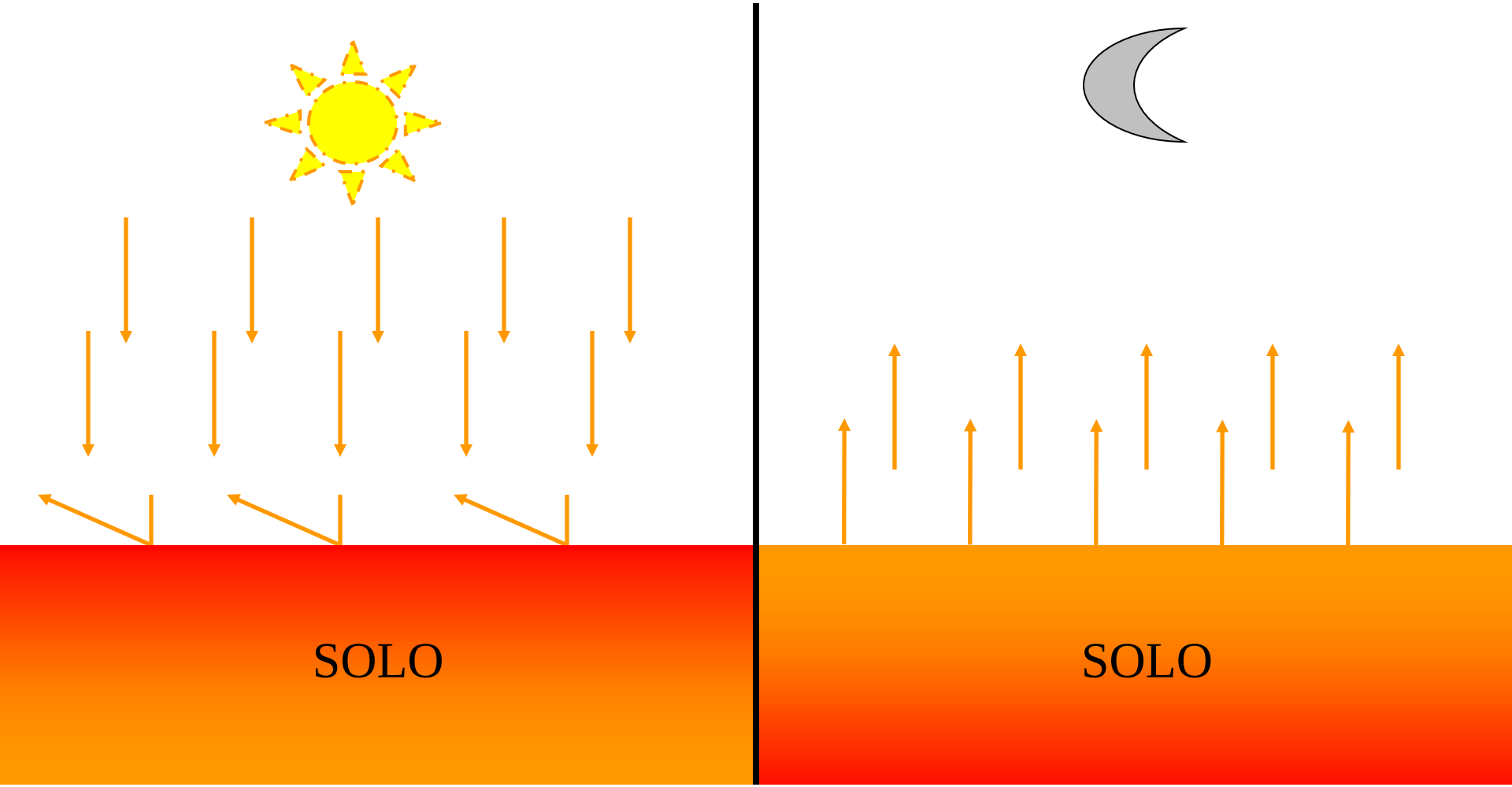
ROTEIRO

- Introdução
- Importância da Temperatura do Solo
- Fatores Condicionantes do Regime Térmico do Solo:
  - 3.1) Externos
  - 3.2) Do próprio solo
- Instrumentos para medição da temperatura do solo

Introdução

O Solo se comporta como um reservatório de grande capacidade térmica.

Estabilizador térmico


SOLO
SOLO

A temperatura superficial do solo influencia diretamente a camada de ar adjacente, alterando parte de suas propriedades físicas.

A *Microclimatologia* estuda estes efeitos, principalmente até a altura de 2m.

Acima de 2m, a influência da temperatura superficial do solo sobre o ar atmosférico vai progressivamente reduzindo.

Regime Térmico do Solo

- Engloba:
  - O fluxo de calor para o solo;
  - As características térmicas do solo;
  - As trocas de calor entre o solo e o ar.

O calor do solo é uma forma de energia cuja propriedade principal é a TEMPERATURA.

A temperatura do solo afeta praticamente todos os processos, físicos, químicos e biológicos, que ocorrem no corpo do solo.

Atividade Microbiológica do Solo

- A temperatura do solo afeta o crescimento, a multiplicação e a atividade dos microorganismos.

(10°C – 35°C- 40ºC)

⇑

temperatura ótima para a atividade biológica nos solos tropicais

Mineralização de Compostos Orgânicos Nitrogenados

Em condições tropicais, a mineralização de compostos orgânicos nitrogenados aumenta com a temperatura do solo, atingindo o nível ótimo em torno de 35°C.

Mineralização de Compostos Orgânicos Nitrogenados

Dados experimentais de produção de nitrato (NO^{3-}) medida num período de 3 semanas:

6,7ºC	34,4ºC	43,9ºC
⇕	⇕	⇕
4,5 kgNO^{3-}/ha	52,6 kgNO^{3-}/ha	43,9 kgNO^{3-}/ha

O aumento da temperatura do solo promove o aumento da ***taxa de decomposição da matéria orgânica***

Como conseqüência, a quantidade de MO tende a ser maior nos solos de temperaturas mais baixas, porque a decomposição é mais lenta!!

Efeito nos Processos Biológicos de Plantas Superiores

- A ***germinação de sementes*** é afetada pela *temperatura do solo*.

✓ Até um nível considerado ótimo, a germinação é mais rápida com o aumento da temperatura (colheitas antecipadas)

✓ Ao contrário, a germinação é um processo lento em um solo frio!!

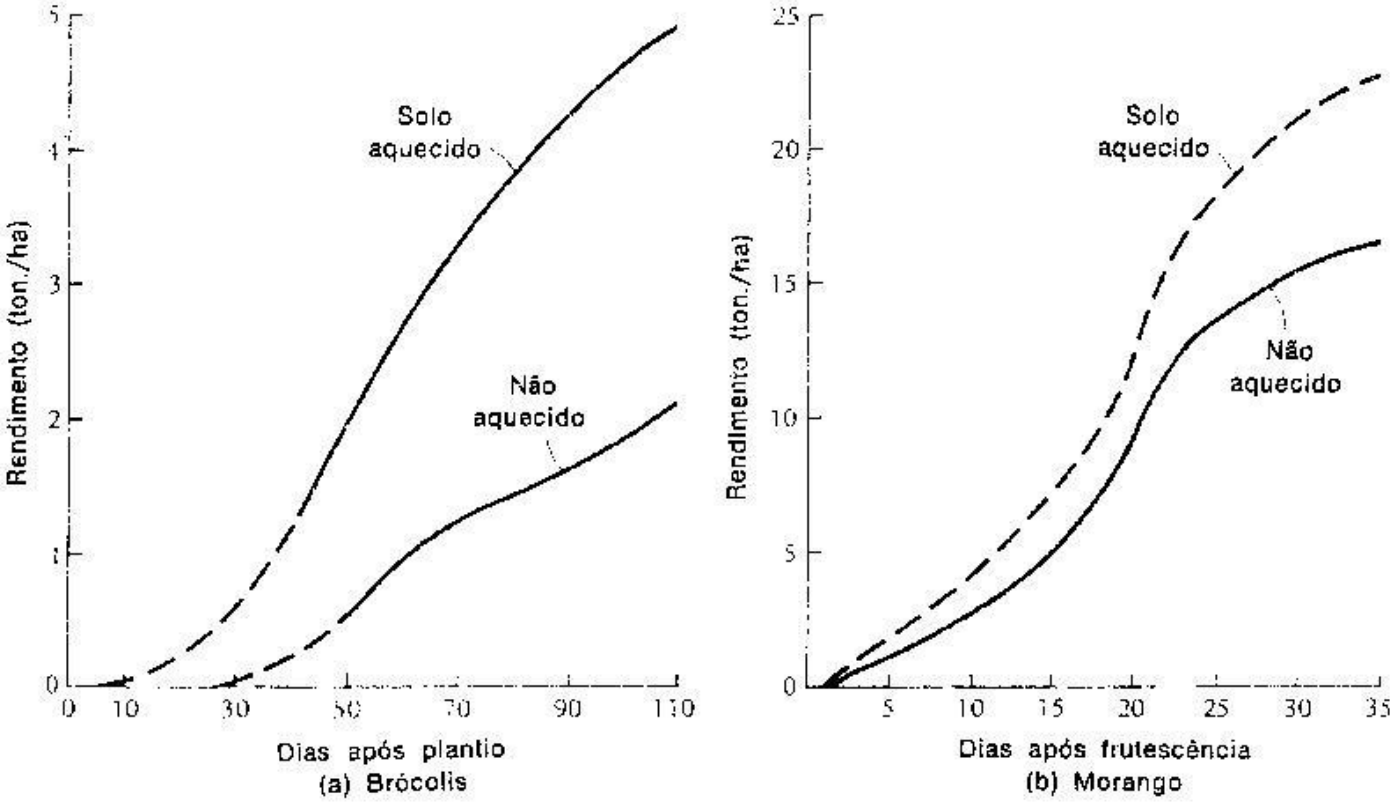
- A ***absorção de água e nutrientes*** *pelas raízes* é um processo afetado tanto por baixas quanto por altas temperaturas.

- ✓ A 5 °C o movimento da solução é ¼ do que a temperatura de 25 °C .
- ✓ Raízes de tomate e milho dobram a taxa respiratória entre 25-30 °C afetando a taxa de crescimento do sistema radicular.
- ✓ Temperatura do solo mantida 10 °C, as raízes de algodão e de melancia absorvem apenas 20% da água que absorvem a 25 °C .

- Até um certo nível considerado ótimo, a ***taxa de crescimento da planta*** aumenta com o aumento da temperatura do solo.

✓ A taxa de crescimento da soja é praticamente nula na temperatura de 10 °C , aumentando progressivamente com o acréscimo na temperatura média do solo até atingir 29 °C (temperatura ótima).

- A ***produção*** das culturas também se relaciona com a temperatura do solo.



POTENCIAL TÉRMICO DO SOLO

Fatores Condicionantes

- **Externos:**
  - ✓ Climáticos
  - ✓ Microclimáticos
  - ✓ Topoclimáticos

- **Fatores do próprio solo:**
  - ✓ Granulometria
  - ✓ Natureza das partículas
  - ✓ Estrutura
  - ✓ Agregação

Fatores Climáticos

Elementos climáticos que afetam a temperatura do solo

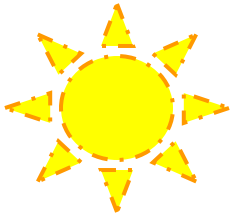
- Precipitação
- Ventos
- Exposição do terreno
- ***Radiação Solar***
- Correntes marítimas

Quanto de *Energia Solar* é efetivamente utilizado para o aquecimento da superfície do solo?

BALANÇO DA RADIAÇÃO SOLAR NA SUPERFÍCIE TERRESTRE

Radiação

- Por Radiação, entende-se a emissão de energia na forma de *ondas eletromagnéticas*, que ocorre a partir de todos os corpos cuja temperatura é superior a 0ºK.



SOL

- O Sol é um corpo negro com temperatura aproximada de 5.727ºC (6.000ºK), emitindo cerca de 98% das radiações em *ondas curtas*, na faixa entre 0,15µm e 4,0µm (faixa do visível: 0,3-0,7µm), que atingem o "topo" da atmosfera.

- A atmosfera absorve e reflete grande parte da radiação incidente em seu limite superior, sendo que apenas *57% da radiação* que atinge o topo chega à superfície da terra.

LEI DE STEFAN- BOLTZMANN

- "Todo corpo irradia calor numa intensidade proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta", segundo a expressão:

$$\mathbf{E = \varepsilon \sigma T^4} \qquad \mathbf{(1)}$$

- E = emissão radiante total de um corpo, em cal cm^{-2} min^{-1}
- ε = poder emissivo do corpo ou emissividade (0,9 e 1,0)
- σ = constante de Stefan-Boltzmann = $0{,}827*10^{-10}$ cal cm^{-2} min^{-1} K^{-4}
- T = temperatura da superfície do corpo em graus Kelvin

RADIAÇÃO SOLAR LÍQUIDA INCIDENTE (R_L) NA SUPERFÍCIE TERRESTRE

$$R_L = R_T - R_R \qquad (2)$$

Sendo:

R_L = radiação líquida incidente na superfície

R_T = radiação total incidente na superfície

R_R = radiação refletida pela superfície

ALBEDO (a) DE UMA SUPERFÍCIE

É definido pela relação entre a radiação de ondas curtas refletida (R_R) e a radiação de ondas curtas incidente (R_T) conforme a relação:

$$\mathbf{a = R_R / R_T} \quad (3)$$

ALBEDO DO SOLO

- A refletividade ou albedo da superfície dos solos varia entre *0,15 e 0,25*.
- Para florestas, o albedo varia de modo geral entre *0,05 e 0,18*.
- Sob mesmas condições topoclimáticas, essas variações são condicionadas pela coloração da superfície.

A radiação líquida incidente na superfície terrestre (**R_L**) também pode ser expressa em função do *albedo* da superfície (*a*) como segue:

$$\boxed{\mathbf{R_L = R_T\,(1 - \boldsymbol{a})}} \qquad \textbf{(4)}$$

"Em função do total de energia incidente e do *albedo* da superfície, o solo absorverá a radiação líquida R_L"

BALANÇO DE ONDAS LONGAS

- De acordo com a temperatura superficial, o SOLO AQUECIDO emite ***radiações de ondas longas*** na faixa entre 4 µm e 120 µm.

- A ATMOSFERA AQUECIDA passa também a emitir em ***ondas longas***, para o espaço sideral e de volta à terra.

Balanço de Ondas Longas

$$L_L = L_T - L_E \quad (5)$$

Sendo:

L_L = radiação de OL líquida recebida
L_T = total de OL recebidas pela superfície
L_E = total de OL emitidas pela superfície

Balanço Total de Radiação na Superfície do Solo (N)

- O solo recebe ondas longas (L_T) e ondas curtas (R_T), emite ondas longas (L_E) e reflete ondas curtas (R_R).

- Então, o balanço total da radiação (N) pode ser descrito pela expressão:

$$\mathbf{N = (LL+RL)} \quad \mathbf{(6)}$$

Sendo:

LL, radiação líquida de OL recebida

RL, a radiação líquida de OC incidente.

De acordo com a expressão:

$$R_L = R_T\,(1-a) \quad (4)$$

e de acordo com a expressão:

$$L_L = L_T - L_E \quad (5)$$

Substituindo (4) e (5) na expressão (6), o balanço total de radiação na superfície do solo (N) pode ser expresso por:

$$N = R_T\,(1-a) + L_T - L_E \quad (7)$$

Sendo:

L_T = total de ondas longas recebidas pela superfície

L_E = total de ondas longas emitidas pela superfície

Pela *Lei de Stefan-Boltzmann*, vem que:

$$L_T = \sigma \, \varepsilon_{ar} T_{ar}^4 \qquad \textbf{(8)}$$

$$L_E = \sigma \, \varepsilon_{solo} T_{solo}^4 \qquad \textbf{(9)}$$

Substituindo, 8 e 9 em 7, vem:

$$\mathbf{N = R_T\,(1 - \mathit{a}) + \sigma\,(\varepsilon_{ar}\,T_{ar}^{4} - \varepsilon_{solo}\,T_{solo}^{4})} \quad \mathbf{(10)}$$

- ✓ A radiação líquida no nível da superfície do solo **(N)** vem a ser a diferença entre a energia radiante que "entra" e a que "sai".

- ✓ Como conseqüência**, N** é ***positivo*** durante o dia e ***negativo*** durante a noite!!!

Resumo dos Fatores Condicionantes do Balanço Total de Radiação na Superfície do Solo

- **Radiação incidente R_T** (função da latitude; época do ano; exposição da superfície)
- **Albedo** (*a*) (exposição da superfície; tipo de solo)
- **Emissividade** da atmosfera (ε_{ar}) e do solo (ε_{solo})
- **Temperatura** do ar atmosférico (T_{ar}) e do solo (T_{solo})

Balanço de Energia no Solo

- Para uma camada superficial de solo, a energia total recebida (N) é utilizada em diversos processos, tais como, aquecimento imediato da superfície do solo, evaporação da água, aquecimento das camadas mais profundas por condução de calor, entre outros.

Fatores Microclimáticos

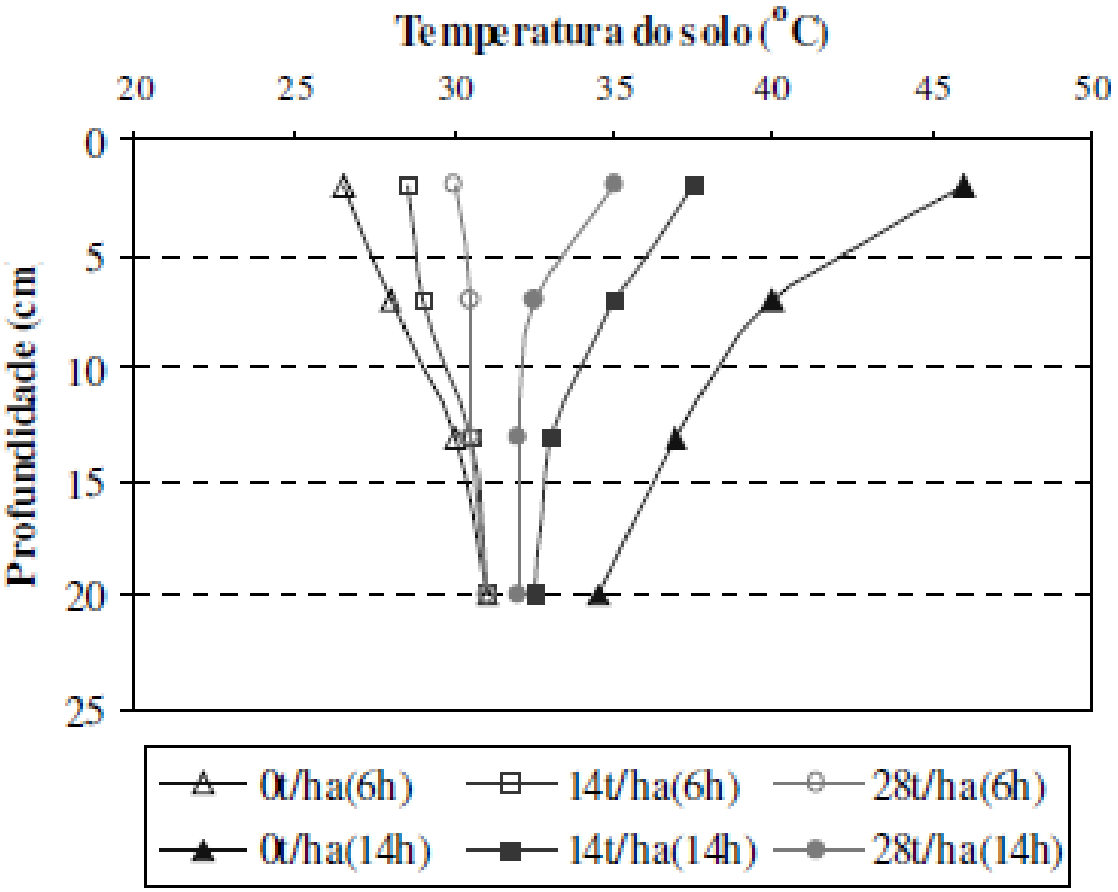
A condição **microclimática** do solo, relaciona-se com o tipo de revestimento da superfície. Há três tipos fundamentais de revestimento superficial.

Cobertura do solo

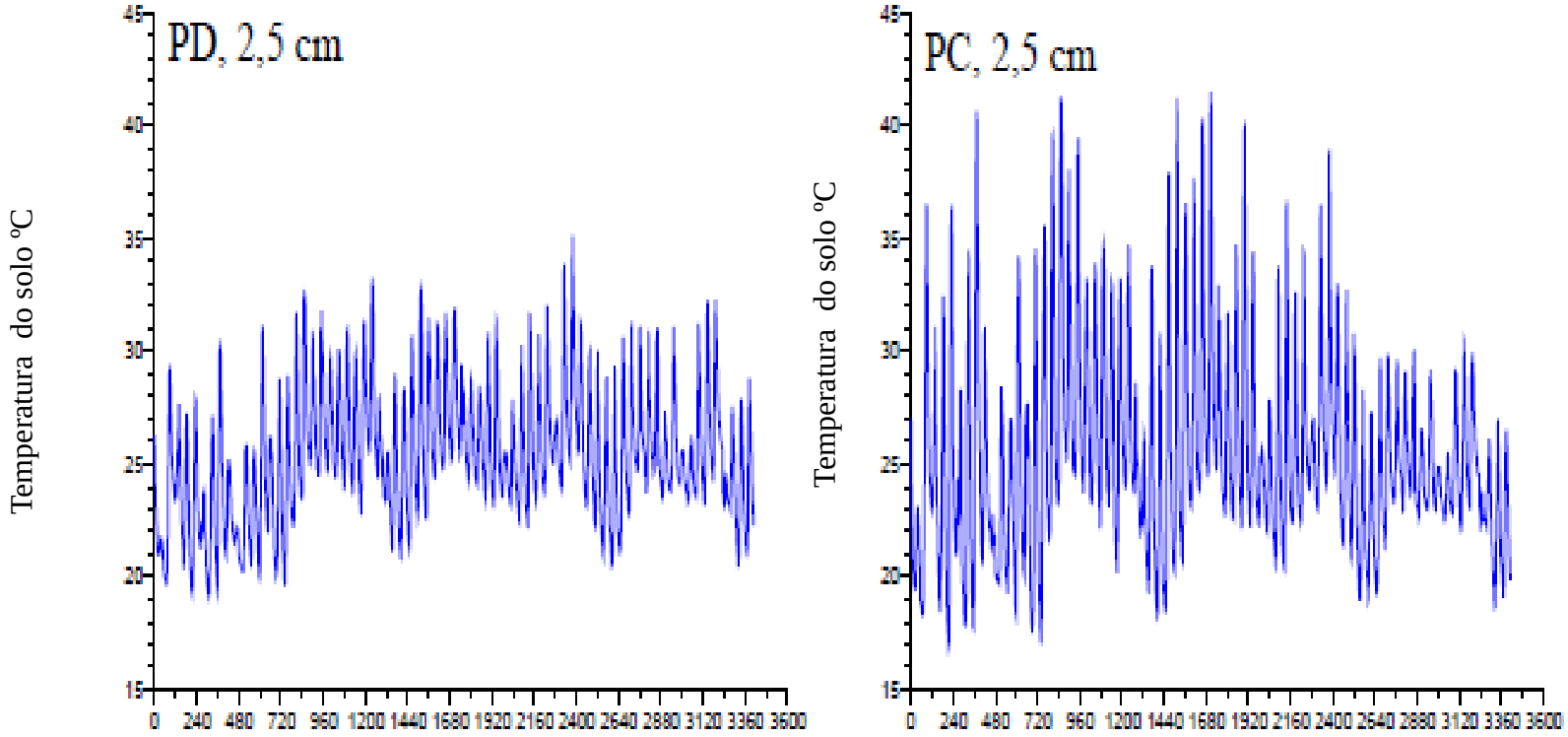
Sistema Convencional
Solo exposto

Sistema Plantio Direto
Solo com palha

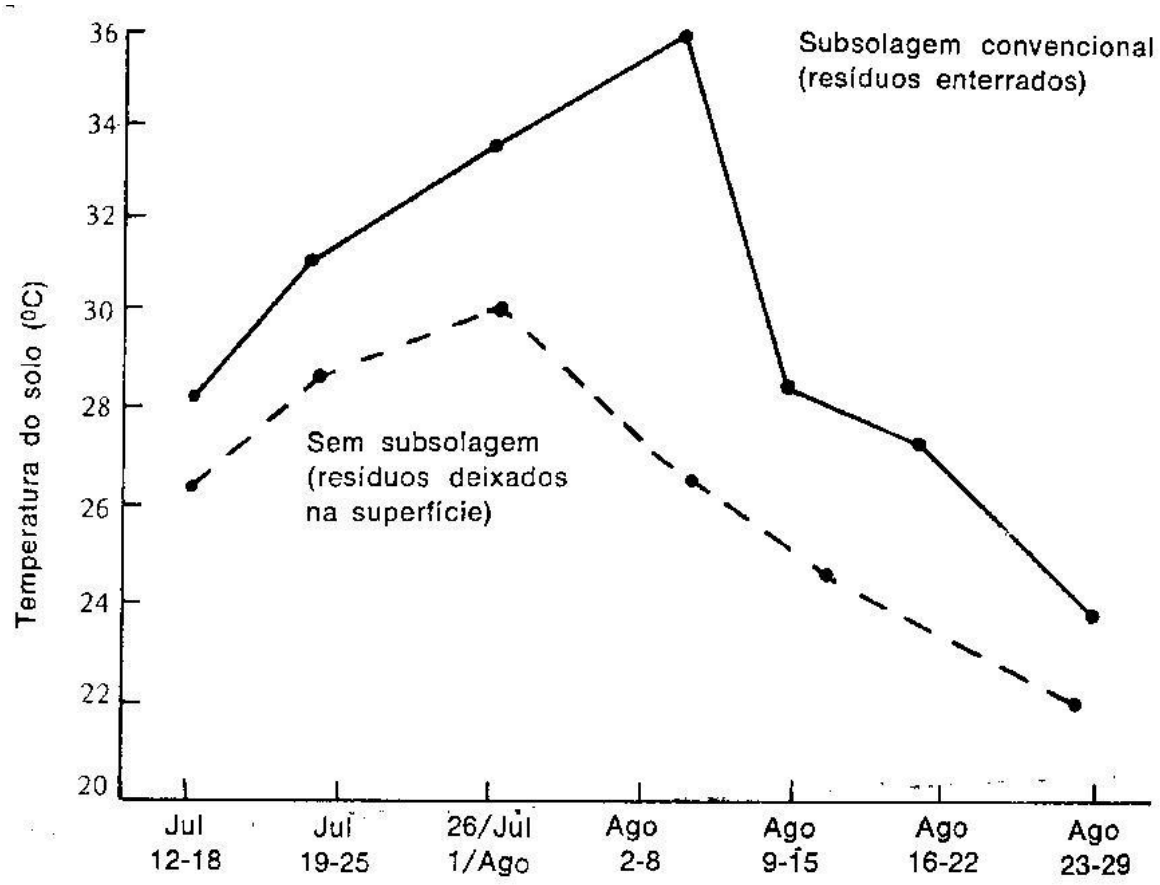
Mato na entrelina do cafezal
Cobertura vegetal



Temperatura versus diferentes graus de cobertura



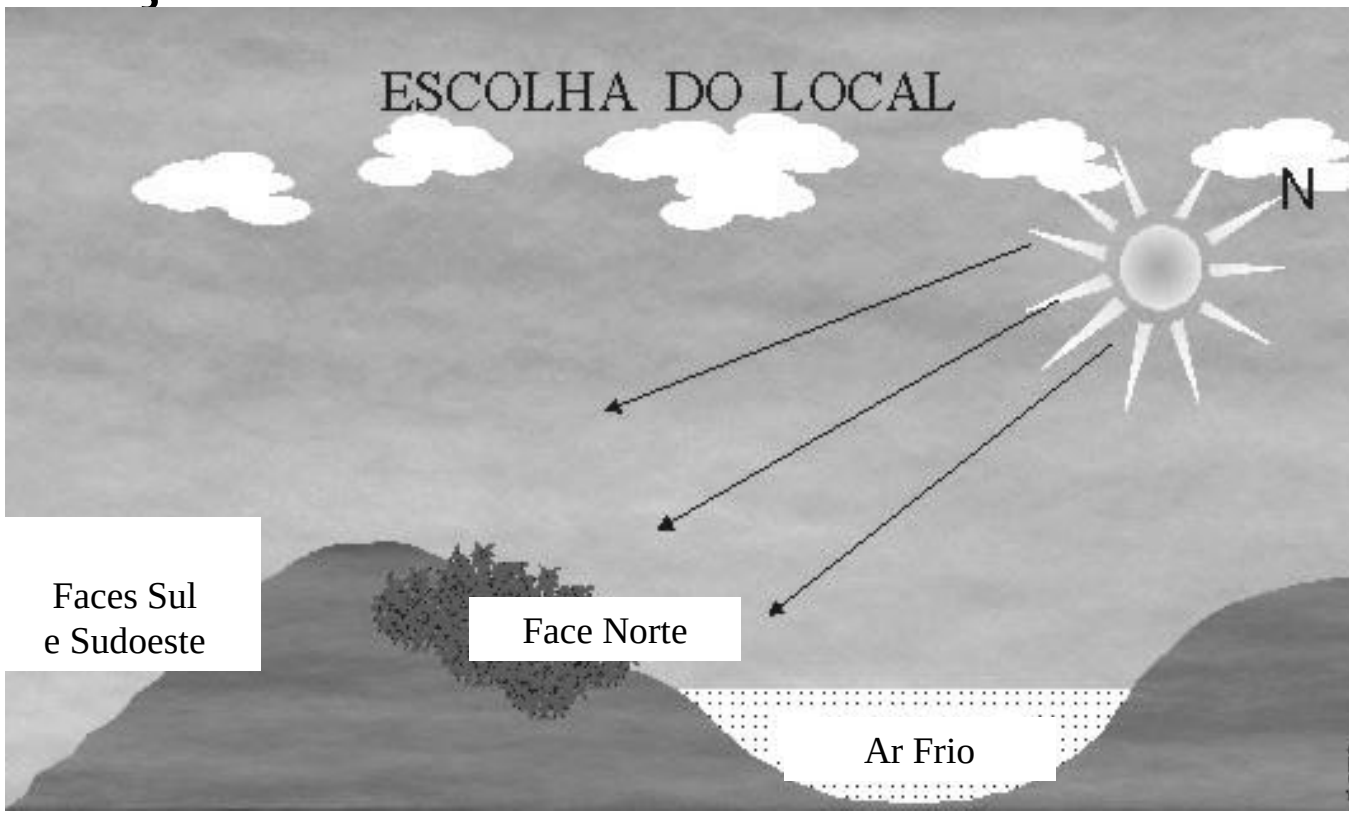
Horas após Semeaduras


Temperatura do solo (ºC)
36
34
32
30
28
26
24
22
20
Subsolagem convencional
(resíduos enterrados)
Sem subsolagem
(resíduos deixados
na superfície)
Jul
12-18
Jul
19-25
26/Jul
1/Ago
Ago
2-8
Ago
9-15
Ago
16-22
Ago
23-29

Fatores Topoclimáticos

Fatores Topoclimáticos

- As influências *topoclimáticas* estão relacionadas com as variações do relevo.



Fatores do próprio solo:

Condutividade Térmica do Solo (K)

- É uma medida da capacidade do solo em transmitir energia na forma de calor.

- O principal processo de propagação de calor no solo é a condução, que ocorre através das moléculas em função do contato entre as partículas constituintes do solo.

A *condutividade térmica do solo*, que expressa sua habilidade em propagar o calor, depende:

- ✓ Das proporções volumétricas entre as frações sólida – líquida – gasosa;
- ✓ Da granulometria (proporção entre os conteúdos de areia – silte – argila);
- ✓ Da estrutura e agregação das partículas; e,
- ✓ Das relações de interface entre ar e água.

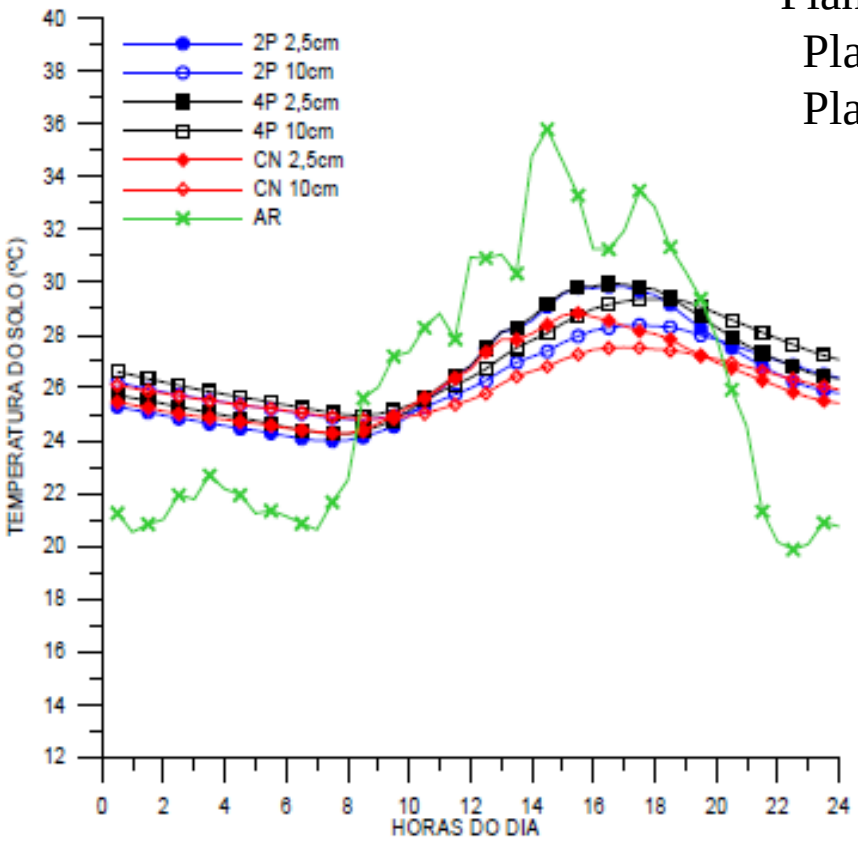
Condutividade Térmica do Solo (K)

material	K (cal/cm.s.°C)
Quartzo	$21 \cdot 10^{-3}$
Argila	$7 \cdot 10^{-3}$
Água (20 °C)	$1{,}44 \cdot 10^{-3}$
Ar (10 °C)	$0{,}06 \cdot 10^{-3}$

K minerais > K água > K matéria orgânica

Granulometria

SOLO	TEXTURA			K . 10^{-4}
	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	(cal/cm.s.°C)
IRACEMA	67	11	22	4,9
LUIZ DE QUEIROZ	38	28	34	6,2
QUEBRA DENTE	5	19	76	6.6



Plantio direto com compactação normal (CN)
Plantio direto + compactaçao adcional (2P)
Plantio direto + compactaçao adcional (4P)

A compactação tem influência direta na dinâmica da temperatura do solo.

DS

Indica melhor aeração

Ar (mal condutor de calor): o aquecimento é menor!

Temperatura do solo nos diferentes estados de compactação. Fonte:

Condutividade Térmica do Solo

- O aumento da densidade do solo condiciona aumento da condutividade térmica, uma vez que quando aumenta a densidade do solo, aumenta o contato entre as partículas.
- A condutividade térmica do solo também aumenta com o grau de umidade uma vez que a água é um condutor de calor mais eficiente do que o ar.

Condutividade Térmica do Solo

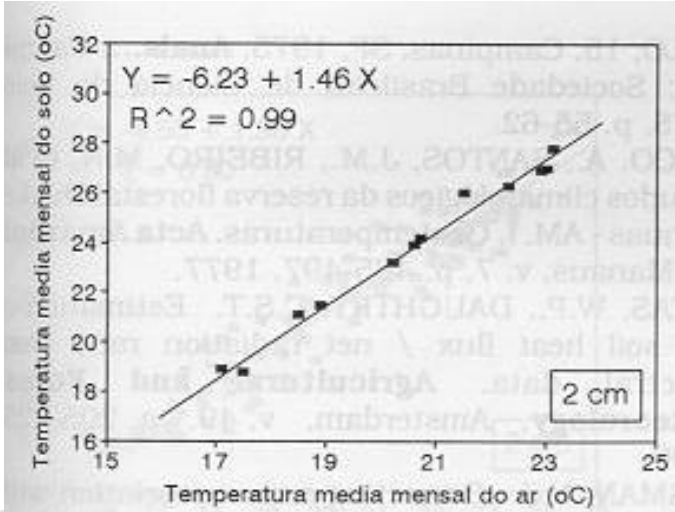
- Assim, o aumento da densidade do solo, ao promover a diminuição da porosidade de aeração (*macroporosidade*) e o aumento da porosidade de retenção de água (*microporosidade*) também favorece a condutividade térmica do solo.

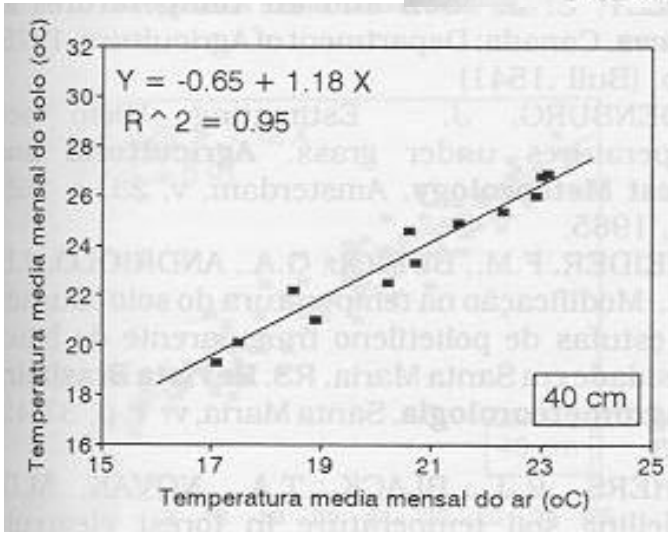
Padrão Anual:

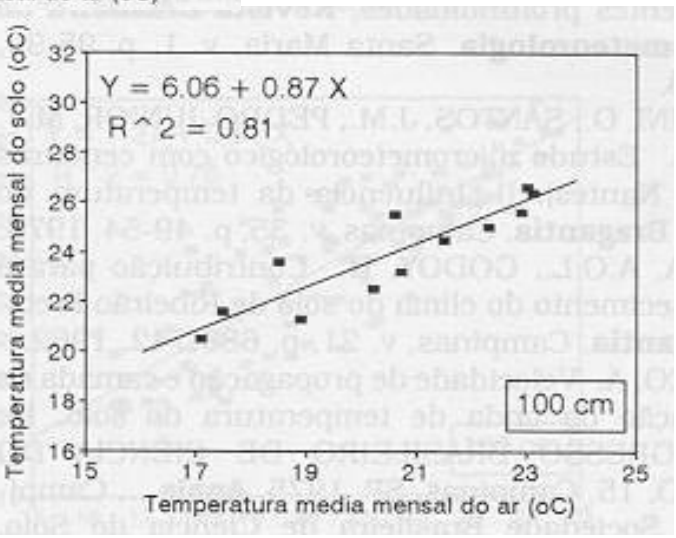
- A temperatura média anual do solo é praticamente invariável.
  - As diferenças de temperatura ao longo do ano via-de-regra são pequenas, em torno de 0,5ºC a 2ºC.

•*Exceções:* Casos especiais dos solos de deserto, dos solos das grandes altitudes, ou sob prolongada cobertura de neve, etc.

Fonte: Alfonsi e Sentelhas (1996)







Instrumentos para Medição da Temperatura do Solo

- ***Termômetro de mercúrio.*** (Erros da ordem de 0,5ºC, logo abaixo da superfície do solo).

- ***Termômetros de resistência elétrica.*** (Mais precisos). O elemento sensível é um fio metálico com elevado coeficiente térmico, sendo muito utilizado o níquel. É medida a variação da resistência elétrica, que é condicionada pela variação térmica, sendo possível conhecer a temperatura do solo.

Instrumentos para Medição da Temperatura do Solo

- ***Termopares:*** O termopar consiste na junção das extremidades de dois fios de metais diferentes. Os mais usados são de *cobre-constantan* e *ferro-constantan*. A diferença de temperatura entre as duas junções cria uma diferença de potencial entre dois pontos A e B, que pode ser detectada por meio de potenciômetros. É um método de alta precisão, indicado para medida da temperatura superficial do solo.

Profundidades e Horários das Leituras

- Estações agrometeorológicas: as profundidades recomendadas são: 2, 5, 10, 20, 30, 40, 80 e 100 cm.
- A estimativa da média diária verdadeira da temperatura do solo corresponde à média aritmética de 24 leituras horárias. O instrumental para registro contínuo é caro e existem poucos dados disponíveis.

Estimativa da Temperatura do Solo

- Na prática, são efetuadas 3 leituras diárias (7,14 e 21 horas)